



P803070/W01A

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 101 63 943 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
F 01 P 7/00

②1 Aktenzeichen: 101 63 943.0  
②2 Anmeldetag: 22. 12. 2001  
④3 Offenlegungstag: 3. 7. 2003

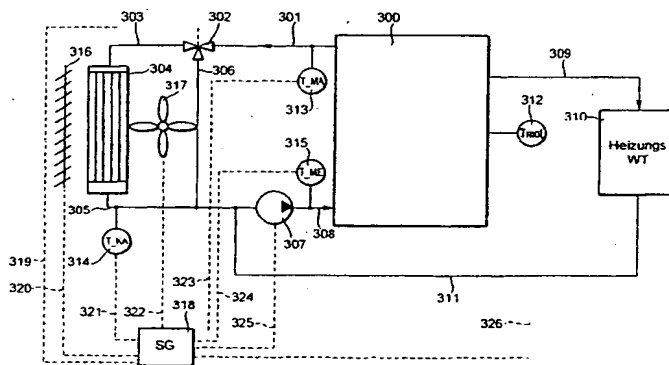
DE 101 63 943 A 1

⑦1 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Schmitt, Manfred, 64646 Heppenheim, DE; Deuble,  
Peter, 71696 Möglingen, DE; Mann, Karsten, 70469  
Stuttgart, DE; Kaefer, Oliver, 71711 Murr, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤4 Verfahren zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems, Computerprogramm, Steuergerät, Kühlsystem und Brennkraftmaschine
- ⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, ein Steuergerät zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, ein Kühlsystem für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit ansteuerbaren, elektrisch betätigbaren Komponenten und eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs.



DE 101 63 943 A 1

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs. Die Erfindung betrifft weiterhin ein Computerprogramm für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, ein Steuergerät zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, ein Kühlsystem für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit ansteuerbaren, elektrisch betätigbaren Komponenten und eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs.

## Stand der Technik

[0002] Aus der DE 37 01 584 C2 ist eine Vorrichtung zum betätigen einer am Kühler eines wassergekühlten Verbrennungsmotors eines Kraftfahrzeugs angeordneten Jalousie bekannt. Die Kühlerjalousie ist über eine Antriebswelle mit einem Elektromotor verbunden, womit es möglich ist, die Jalousie zwischen zwei Einstellungen zu bewegen. Hierbei gibt die eine Einstellung den Kühler vollständig frei und ist somit einer oberen Betriebsgrenztemperatur der Kühlflüssigkeit zugeordnet und in der zweiten Einstellung ist die Kühlerjalousie vollständig geschlossen, was prinzipiell niedrigen Kühlmitteltemperaturen zugeordnet ist. Die Ansteuerung der Kühlerjalousie erfolgt in Abhängigkeit von der Kühlflüssigkeitstemperatur und zusätzlich durch ein Dehnstoffelement, das bei hohen Kühlwassertemperaturen anspricht und eine Kupplung löst, so dass die unter Last stehende Jalousie selbsttätig in ihre Kühlerfreigabestellung gelangt, um bei hohen Kühlwassertemperaturen eine Schädigung des Kühlsystems und/oder des Verbrennungsmotors zu verhindern.

[0003] Aus der DE 37 38 412 A1 ist eine Vorrichtung und ein Verfahren zur Motorkühlung bekannt, bei dem dem zu kühlenden Motor eine mechanische und eine elektrische Kühlmittelpumpe zugeordnet sind, wobei die elektrische Kühlmittelpumpe von einem elektronischen Schaltgerät angesteuert wird. Die Förderleistung der elektrischen Pumpe wird in Abhängigkeit von Betriebskennwerten des zu kühlenden Motors sowie weiterer Größen festgelegt, während die mechanische Pumpe für eine Grundförderleistung ausgelegt ist. Das Kühlsystem entsprechend der DE 37 38 412 A1 besteht aus zwei Kühlmittelwegen, wobei in dem ersten Kühlmittelweg ein als Kühler betriebener Wärmetauscher angeordnet ist, dessen Kühlleistung mit Hilfe einer Kühlerjalousie sowie eines Ventilators beziehungsweise eines Lüfters veränderbar ist. Im zweiten Kühlmittelweg oder alternativ in einem separaten Kühlmittelkreislauf ist ein weiterer Wärmetauscher angeordnet, dessen Abwärme zu Heizungszwecken oder zur weiteren Motorkühlung verwendet wird. Der zweite Kühlkreislauf kann insbesondere dadurch zur Motorkühlung verwendet werden, dass eine Luftklappe durch das elektronische Schaltgerät geöffnet werden kann, wobei die Luftklappe den Heizluftkanal sperrt und einen im Freien mündenden Luftkanal freigibt. Mit anderen Worten: Die Abwärme des Motors wird nicht in den Innenraum des Kraftfahrzeugs, sondern an die Umgebung abgegeben. Das die elektrische Pumpe und die übrigen Komponenten, Jalousie, Gebläse und Mischventile ansteuernde elektronische Schaltgerät erhält, zusätzlich zur Kühlmitteltemperatur, weitere Informationen wie beispielsweise die Motorbetriebstemperatur, die Motorraumtemperatur, Temperaturen von Motoranteilen, die Umgebungstemperatur, die Motordrehzahl, die Fahrgeschwindigkeit sowie ein Drucksignal des Kühlmittels zugeführt. Mit diesen Informa-

tionen ist eine präzise Anpassung der Förderleistung der elektrischen Pumpe an die erforderliche Kühlleistung möglich. Bei kaltem Motor fließt das Kühlmittel über einen Bypass am Motorkühler vorbei. Durch diese Maßnahme wird erreicht, dass sich der Motor möglichst rasch auf die Betriebstemperatur erwärmt, da ein Verbrennungsmotor bei optimaler Betriebstemperatur den maximalen Wirkungsgrad aufweist. Die Messung der Fahrgeschwindigkeit hat insbesondere auf die Betätigung der Jalousie und des Ventilators Einfluß. Bei höheren Fahrgeschwindigkeiten wäre es beispielsweise unzuverlässig, die Jalousie geschlossen zu halten und den Ventilator einzuschalten. Derartige unzuverlässige Betriebszustände sind mit dem elektronischen Schaltgerät erkenn- und vermeidbar. Entsprechend der Vorrichtung und dem Verfahren zur Motorkühlung nach der DE 37 38 412 A1 wird ein schnelles Erreichen und präzises Halten der Kühlmitteltemperatur ermöglicht. Der Motor wird dadurch in einen Temperaturbereich mit maximalem Wirkungsgrad gehalten. Der schnelle Aufheizvorgang reduziert den Verschleiß bei niedrigen Betriebstemperaturen. Das elektronische Schaltgerät schließt darüber hinaus nicht sinnvolle Betriebszustände aus.

[0004] In einer Pressemitteilung der Robert Bosch GmbH Stuttgart anlässlich der IAA 2001 wurde ein Thermomanagementsystem mit seinen Komponenten vorgestellt. Entsprechend der Pressemitteilung sind die Voraussetzungen für eine situationsgerechte Temperaturregelung elektromotorisch angetriebene, stufenlos regelbare Komponenten: eine Wasserpumpe, Proportional-Regelventile, ein angepaßtes Kühlergebläse und eine Kühlerjalousie, die allesamt über eine in einem Motorsteuergerät integrierte Elektronik angesteuert werden. Entkoppelt von der Motordrehzahl regelt dieses System Kühlmitteltemperatur und Volumenstrom besser als thermostat- und riemengetriebene Wasserpumpen es vermögen. Sekundenschnelle Anpassung an thermische Veränderungen auch bei abgeschaltetem Motor und permanente Funktionsüberwachung vermeiden Probleme wie dauerhaft "unterkühlt" laufende Motoren und unbemerkte Überhitzung bei Spitzenlast. Mit dem Thermomanagement modifizierte Motoren können künftig im Leerlauf oder Teillastbetrieb auf einem erstrebenswert höheren Temperaturniveau gehalten werden. Reduzierte Reibungsverluste, verbesserte Verbrennung und somit verminderte Abgasemissionen, aber auch Verbrauchsreduzierung und Erhöhung des Heizkomforts im Fahrzeuginnenraum sind die Folge. Ein solches Thermomanagementsystem kann mit zusätzlichen Komponenten wie beispielsweise einem elektrischen Zuheizung flexibel erweitert werden. Eine Vernetzung mit elektronisch geregelten Klimaanlage ist möglich.

[0005] Die DE 198 31 901 A1 offenbart eine Vorrichtung zum kühlen eines Motors für ein Kraftfahrzeug. Bei dem offenen Kühlkreislauf eines Verbrennungsmotors wird die Aufteilung der Kühlmittelströme in einzelne Teilkreisläufe nicht über Thermostatventile als aktive Elemente erreicht, sondern über mindestens eine weitere, zusätzlich zu einer Hauptwasserpumpe betriebene, Pumpe. Durch den Einsatz einer solchen Zusatzwasserpumpe wird die Hauptwasserpumpe unterstützt. Die Hauptwasserpumpe kann somit mit kleinerer Leistung betrieben beziehungsweise kleiner dimensioniert werden. Entsprechend der DE 198 31 901 A2 ist es auch möglich, mehrere, hinsichtlich ihrer Leistung ähnliche Pumpen im Kühlmittelkreislauf zu benutzen, die dann speziell zugeordnete Kühlaufgaben wahrnehmen. Beispielshaft ist angeführt, dass der Zylinderkopf des Motors separat und regelbar gekühlt wird oder dass einzelne Zylinder von jeweils einer Pumpe mit Kühlmittel versorgt werden. Damit ergibt sich auch die Möglichkeit, verschiedene Temperaturniveaus in den Zylindern des Motorblocks ge-

zielt einzustellen. Durch die Verwendung elektromotorisch betriebener, unabhängiger und von der Drehzahl des Motors unabhängig regelbarer Pumpen ist es möglich, dass der Kühlmittelstrom in Teilströme aufgeteilt wird, die jeweils entsprechend der thermischen Belastung des Motors eingestellt werden können. Im Vergleich zu konventionellen Vorrichtungen kann eine effizientere und somit auch energiesparendere Form der Motorkühlung realisiert werden. Die DE 198 31 901 A1 weist darauf hin, dass sich durch die regelbare Pumpe die Einstellung eines definierten Volumenstromes durch den Wärmetauscher (Wärmetauscher zur Beheizung des Fahrgastraumes) auf einfache Weise regeln läßt. Die Schalt- und Regelvorgänge im Kühlkreislauf werden von einem übergeordneten Steuergerät erfaßt, dessen Programmierung im Hinblick auf die Kühlung des Motors und dessen Energieverbrauch möglichst effizient betrieben wird.

#### Aufgabe

**[0006]** Es ist die Aufgabe der vorliegenden Erfindung, die Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs gegenüber dem Stand der Technik zu verbessern.

#### Lösung und Vorteile der Erfindung

**[0007]** Die Aufgabe wird gelöst durch ein Verfahren zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, wobei die Komponenten von einem Steuergerät in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs derart angesteuert werden, dass sich ein optimaler Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs und/oder des Kühlsystems ergibt. Durch die erfindungsgemäße Ausrichtung der Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten des Kühlsystems auf den Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs, wird der Gesamtenergiebedarf des Kraftfahrzeugs und somit der Kraftstoffverbrauch gesenkt. Wird die Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten auf einen optimalen Gesamtwirkungsgrad des Kühlsystems ausgerichtet, so ergibt sich eine energieminierte Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten, was wiederum zu einer Kraftstoffverbrauchsreduzierung der Brennkraftmaschine führt. Es kann davon ausgegangen werden, dass bei einer Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten im Hinblick auf einen optimalen Gesamtwirkungsgrad des Kühlsystems auch ein optimaler Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs erreicht wird, wenn dabei die für den Motor optimalen thermischen Bedingungen eingestellt werden. Erfindungsgemäß sind Soll-Werte zur Ansteuerung der Komponenten in Kennfeldern in einem Speicher des Steuergerätes abgelegt. Durch diese vordefinierten Soll-Werte kann eine optimale Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten des Kühlsystems sichergestellt werden. Besonders vorteilhaft sind die Kennfelddaten wenigstens in Abhängigkeit einer der folgenden Einflußgrößen gespeichert: Fahrzeuggeschwindigkeit, Umgebungstemperatur, Temperatur des Kühlmittels, Motortemperatur, Motorlast oder Ventilstellungen im Kühlsystem.

**[0008]** Weitere vorteilhafte Einflußgrößen ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen.

**[0009]** Die bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die aus den Kennfeldern entnommenen Soll-Werte zu einer Vorsteuerung der elektrisch betätigbaren Komponente herangezogen werden. Durch die Vorsteuerung wird die Regelgüte der Ansteuerung verbessert. Besonders vorteilhaft ergibt die Vorsteuerung

für jeden Betriebspunkt eine Konfiguration zur Ansteuerung der jeweiligen elektrisch betätigbaren Komponente, die auf eine minimale Stellenergie der Komponente hin optimiert ist. Durch diese erfindungsgemäße Maßnahme kann sichergestellt werden, dass die elektrisch betätigbaren Komponenten des Kühlsystems in ihrer Gesamtheit zu jedem Zeitpunkt mit minimaler Stellenergie angesteuert werden.

**[0010]** Die bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass ein optimaler Wirkungsgrad des Kühlsystems dadurch erreicht wird, dass die Einstellung eines Sollbetriebszustandes des Kühlsystems auf minimale Stellenergie der Komponenten hin optimiert wird. Hierzu werden erfindungsgemäß den Komponenten je nach Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs verschiedene Prioritäten zugeordnet. Wenn hierbei erfindungsgemäß die Festlegung der Prioritäten in Abhängigkeit von der notwendigen Stellenergie bzw. Antriebsenergie der jeweiligen elektrisch betätigbaren Komponente in dem jeweiligen Betriebspunkt erfolgt, wird besonders zuverlässig sichergestellt, dass die Einstellung des Sollbetriebszustandes des Kühlsystems mit minimaler Stellenergie der elektrisch betätigbaren Komponenten erreicht wird.

**[0011]** Eine andere Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass die Ansteuerung der Komponenten unter vorgebbaren Randbedingungen erfolgt, wodurch die Ansteuerung der Komponenten auf betriebspunktabhängige Minimal- und Maximalwerte begrenzt wird. Durch diese Weiterbildung wird erreicht, dass neben der Stellenergie der elektrisch betätigbaren Komponenten auch der Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs optimiert wird. Beispielsweise kann die Randbedingung vorgegeben werden, dass ein Kühlerlüfter erst dann angesteuert wird, wenn ein Kühler-Misch-Ventil mehr als 80% zum Kühler hin geöffnet ist. Unter einem Kühler-Misch-Ventil ist im Rahmen dieser Erfindung ein 3-Wegeventil zu verstehen, daß das Mischverhältnis zwischen Kühler- und Bypasszweig einstellt. Eine andere Möglichkeit besteht darin, dass eine Kühlerjalousie erst weiter geöffnet werden kann, wenn die Ventilöffnung zum Bypasszweig kleiner als ein vorgebbarer Wert ist. Hierbei ist zu beachten, dass die Kühlerjalousie in jedem Fall ein wenig geöffnet ist, da eine vollständig geschlossene Kühlerjalousie dazu führt, dass über den Kühler keine Wärme abgeführt werden kann; ein Ventileingriff wäre in diesem Fall wirkungslos.

**[0012]** Eine andere bevorzugte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens sieht vor, dass sich ein Ansteuerwert für eine Komponente aus einer Summe eines Vorsteuerwertes und eines mit einer Priorität verknüpften Reglerwertes ergibt. Diese Art der Bildung eines Ansteuerwertes verknüpft in idealer Weise die Vorteile eines Vorsteuerwertes (Stellenergie-optimierte Vorsteuerwerte, geringerer Regelaufwand, usw.) mit den Vorteilen von mit einer Priorität verknüpften Reglerwerten. Hierdurch wird vorteilhaft nur der Anteil eines Reglerwertes zur Ansteuerung an die elektrisch betätigbare Komponente weitergeleitet, der entsprechend der Priorität zu einer minimalen Stellenergie mit Blick auf den optimalen Gesamtwirkungsgrad des gesamten Kühlsystems führt.

**[0013]** Vorteilhafterweise werden die Ansteuerwerte zeitlich gefiltert, damit auf ruckartige Laständerungen nur bedingt reagiert werden muß. Dies ist deswegen vorteilhaft, weil ruckartige Laständerungen in aller Regel selten und meist kurzfristig auftreten, z. B. während Schaltvorgängen im Getriebe des Kraftfahrzeugs, so dass eine nachhaltige Auswirkung auf das thermische Verhalten des Kühlsystems ausbleibt. Vorteilhaft wird dem Kühlsystem als Sollgröße eine Solltemperatur vorgegeben. Eine weitere Ausgestal-

tung sieht vor, dass die betragsmäßige, zeitliche Änderung der Solltemperatur beschränkt ist, wodurch die Regelgüte verbessert werden kann und ebenfalls auf ruckartige Laständerungen nur bedingt reagiert werden muß.

[0014] Von besonderer Bedeutung ist die Realisierung des erfindungsgemäßen Verfahrens in der Form eines Computerprogramms, das für eine Brennkraftmaschine, insbesondere eines Kraftfahrzeugs vorgesehen ist. Das Computerprogramm weist eine Abfolge von Befehlen auf, die dazu geeignet sind, das erfindungsgemäße Verfahren durchzuführen, wenn sie auf einem Computer ausgeführt werden. Weiterhin kann die Abfolge von Befehlen auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert sein, beispielsweise auf einer Diskette, einer Compact-Disk, einem sogenannten Flash Memory oder dergleichen.

[0015] Das Computerprogramm kann gegebenenfalls zusammen mit anderen Computerprogrammen als Softwareprodukt, beispielsweise an einen Hersteller von Steuergeräten für Brennkraftmaschinen vertrieben werden. Die Übermittlung des Softwareprodukts kann dabei durch die Übersendung einer Diskette oder einer CD erfolgen, deren Inhalt der Steuergeräte-Hersteller dann auf das Steuergerät überträgt. Ebenfalls ist es möglich, dass ein Flash Memory an den Steuergeräte-Hersteller versandt wird, den dieser direkt in das Steuergerät einsetzt. Ebenfalls ist es möglich, dass das Softwareprodukt über ein elektronisches Kommunikationsnetzwerk, insbesondere über das Internet, an den Steuergeräte-Hersteller übermittelt wird. In diesem Fall stellt das Softwareprodukt als solches – also unabhängig von einem elektronischen Speichermedium – das Vertriebsprodukt dar. Der Steuergeräte-Hersteller lädt in diesem Fall das Softwareprodukt, z. B. aus dem Internet herunter, um es danach beispielsweise auf einem Flash Memory abzuspeichern und in das Steuergerät einzusetzen.

[0016] Das Computerprogramm kann auch als separates Softwareprodukt vertrieben werden, das ein Hersteller von Steuergeräten zusammen mit weiteren Softwareprodukten anderer (dritter Hersteller) in das Steuergerät überträgt. In diesem Fall stellt das erfindungsgemäße Softwareprodukt ein zu anderen Modulen fremder Hersteller kompatibles Modul dar.

[0017] In allen diesen Fällen wird die Erfindung durch das Computerprogramm realisiert, so dass dieses Computerprogramm in gleicher Weise die Erfindung darstellt, wie das Verfahren, zu dessen Ausführung das Computerprogramm geeignet ist. Dies gilt dabei unabhängig davon, ob das Computerprogramm auf einem Speichermedium abgespeichert ist, oder, ob es als solches – also unabhängig von einem Speichermedium – vorhanden ist.

[0018] Die Aufgabe wird weiterhin gelöst, durch ein Steuergerät zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, wobei die Komponenten von dem Steuergerät in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs derart ansteuerbar sind, dass ein optimaler Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs und/oder des Kühlsystems erreicht wird.

[0019] Die Aufgabe wird weiterhin gelöst, durch ein Kühlsystem über eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit ansteuerbaren, elektrisch betätigbaren Komponenten, wobei die Komponenten von einem Steuergerät in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs derart ansteuerbar sind, dass sich ein optimaler Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs und/oder des Kühlsystems ergibt.

[0020] Schließlich wird die Aufgabe durch eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs gelöst, bei der elektrisch betätigbare Komponenten eines Kühlsystems für die

Brennkraftmaschine ansteuerbar sind, wobei die Komponenten von einem Steuergerät in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs derart ansteuerbar sind, dass sich ein optimaler Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs und/oder des Kühlsystems ergibt.

[0021] Weitere Merkmale, Anwendungsmöglichkeiten und Vorteile der Erfindung ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen der Erfindung, die in den Figuren dargestellt sind.

#### Ausführungsbeispiele der Erfindung

[0022] Fig. 1 zeigt ein erstes Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens.

[0023] Fig. 2 zeigt ein zweites, konkreteres Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens und

[0024] Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Kühlsystems.

[0025] Zu einem Kühlkreislauf gehören in der Regel eine zu kühlende Wärmequelle, z. B. der Fahrzeugmotor, die mittels eines Kühlmediums durch freie oder erzwungene Konvektion gekühlt werden. Die Temperaturdifferenz über der Wärmequelle ist vom Wärmeeintrag und von der Größe des Volumenstroms des Kühlmittels abhängig, während die absolute Temperatur des Kühlmediums durch den Wärmeeintrag der Wärmequelle, die Wärmeabfuhr über im Kreislauf befindliche Kühler und die Wärmekapazitäten der Materialien bestimmt wird.

[0026] Derzeitig in Motorkühlsystemen von Kraftfahrzeugen eingesetzte mechanische Wasserpumpen, die über Keilriemen von der Kurbelwelle des Motors angetrieben werden, sind so dimensioniert, dass im kritischsten Betriebszustand, das heißt, bei Bergauffahrt mit mittlerer Drehzahl, hoher Last und geringer Fahrzeuggeschwindigkeit, keine unzulässige Temperaturdifferenz über dem Motor entsteht. Das Mischverhältnis zwischen einer Bypass-Leitung und dem Kühlerzweig wird durch ein dehnstoffgetriebenes Thermostatventil in Abhängigkeit von der Kühlmitteltemperatur eingestellt. Dieses Ventil ist so dimensioniert, dass es ab einer fest eingestellten Temperatur vollständig geöffnet ist. Auf diese Weise wird verhindert, dass sich unzulässig hohe Kühlmitteltemperaturen einstellen.

[0027] Um den Volumenstrom von der Drehzahl zu entkoppeln, wird erfindungsgemäß eine regelbare Kühlmittelpumpe eingesetzt. Um das Temperaturniveau regeln zu können, wird das Thermostat durch ein verstellbares Proportionalventil ersetzt. Weiterhin sind erfindungsgemäß stufenlos regelbare Kühlerlüfter und/oder Kühlerjalousien für das System vorgesehen. Das erfindungsgemäße Kühlsystem ermöglicht eine bedarfsgerechte Ansteuerung beziehungsweise Regelung des Motorkühlsystems mit dem Ziel, den Kraftstoffverbrauch zu verringern und die Emissionen zu verringern beziehungsweise Abgasgrenzwerte einzuhalten und zudem den Komfort zu erhöhen. Hierbei werden kritische Grenzen der Bauteilbelastung nicht überschritten. Dies wird durch die Optimierung des Kühlmittelvolumenstroms und die lastabhängige Regelung des Temperaturniveaus des Motors erreicht. So wird die Kühlmitteltemperatur z. B. im Teillastbetrieb angehoben und im Vollastbetrieb abgesenkt. Durch den damit verbundenen höheren Füllungsgrad wird auch die Motorleistung angehoben.

[0028] Die Erfindung stellt eine in die Motorsteuerung integrierte Logik dar, die die Verteilung der Wärmeströme intelligent und prioritätsabhängig durchführt. Dies wird im Rahmen der Beschreibung zu den Fig. 1 bis 3 eingehender erläutert.

[0029] Die Fig. 1 und 2 zeigen Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens, wobei Fig. 1 ein allgemei-

nes und Fig. 2 ein spezielles Ausführungsbeispiel darstellt. [0030] Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren nach Fig. 1 wird in einem Schritt 101 mit der Ist- beziehungsweise Meßwernerfassung begonnen. Hierbei werden Werte wie beispielsweise Motordrehzahl, Motorlast, Kühlkreislaufzustand, Geschwindigkeit des Fahrzeugs, Fahrertyp, Fahrzeugzustand, Temperatur am Kühlerausgang, Temperatur am Motoreingang, Temperatur am Motorausgang oder Temperatur des Motors selbst bestimmt.

[0031] Unter dem Kühlkreislaufzustand sind hierbei verschiedene Kühlmitteltemperaturen (z. B. Temperatur am Kühleraustritt, Temperatur am Motorausgang, usw.) oder Stellorganzustände (z. B. Auslastung von Kühlmittelpumpe oder Kühlerlüfter) zu verstehen. Im Rahmen dieser Ausführungsbeispiele werden zur Vorsteuerung Kühlmitteltemperaturen am Motorausgang und am Kühleraustritt berücksichtigt. Es liegt im Rahmen der Erfindung, dass auch weitere Temperaturen oder auch Volumenströme – sowohl gemessene als auch beobachtete – berücksichtigt werden können.

[0032] Unter dem Fahrzeugzustand sind verschiedene Fahrzeugzustandsgrößen (z. B. Fahrzeuggeschwindigkeit, Beschleunigung, Last, Steigung, usw.) zu verstehen. Es liegt im Rahmen der Erfindung, die Ausführungsbeispiele so zu modifizieren, dass auch zukünftige, erwartete Größen berücksichtigt werden. Beispielsweise könnte mittels eines Navigationssystems eine bevorstehende Bergauf- oder Bergabfahrt berücksichtigt werden. Steht z. B. eine Bergabfahrt unmittelbar bevor, braucht das System nicht so weit heruntergekühlt werden und es könnte auf ein energieintensives Hochfahren von Kühlmittelpumpe und Kühlerlüfter verzichtet werden, da eine kurzzeitige Herabsetzung der Kühlmitteltemperatur allein durch den Eingriff in das Kühler-Misch-Ventil realisiert werden kann.

[0033] Im Anschluß an den Schritt 101 werden im Schritt 102 Soll-Werte gebildet. Dies können beispielsweise Soll-Werte für die Motortemperatur, für die Motordifferenztemperatur oder die sogenannte Kühlreserve sein, die die Differenztemperatur aus Sollwert der Motoreintrittstemperatur und Kühlerausgangssolltemperatur darstellt. Diese Soll-Werte werden entsprechend der zuvor bestimmten Ist-Werte aus den im Speicher des Steuergeräts abgelegten Kennfeldern entnommen. Im Anschluß an die Sollwert-Bildung wird im Schritt 103 die Soll-Ist-Abweichung der zuvor bestimmten Soll-Werte bestimmt. Diese Soll-Ist-Abweichungen entsprechend Schritt 103 werden als Regler-Eingangsgrößen für die Bestimmung der Reglerwerte in Schritt 104 verwendet. Die Reglerwerte werden gegebenenfalls unter Berücksichtigung weiterer Parameter, beispielsweise dem Kühlmittelvolumenstrom, bestimmt. Als Regler werden bevorzugt PI-Regler (Proportional-Integral-Regler) oder PID-Regler eingesetzt. Die im Schritt 104 bestimmten Reglerwerte werden in einem anschließenden Schritt 105 mit einer Priorisierung verknüpft. Auf die Bestimmung der Priorisierung, die in den Schritten 111 und 112 erfolgt, wird später eingegangen.

[0034] Parallel zu den Schritten 102 bis 105 wird in einem an Schritt 101 anschließenden Schritt 106 ein Vorsteuerwert für die jeweilige Komponente bestimmt. Dies kann beispielsweise ein Vorsteuerwert für ein Kühler-Misch-Ventil, eine Kühlmittelpumpe, einen Kühlerlüfter oder eine Kühlerjalousie sein. Die Vorsteuerwerte werden analog zu den Soll-Werten entsprechend bestimmter Eingangsparameter aus den im Speicher des Steuergeräts abgelegten Kennfeldern entnommen. Die Vorsteuerwerte nach Schritt 106 werden in einem Schritt 107 mit den priorisierten Reglerwerten verknüpft. Das heißt also, dass der Schritt 107 neben den Vorsteuerwerten nach Schritt 106 auch die priorisierten Reglerwerte nach Schritt 105 zugeführt bekommt. Die Ver-

knüpfung der Vorsteuerwerte mit priorisierten Reglerwerten nach Schritt 107 kann additiv oder auch multiplikativ sein. Im Anschluß an Schritt 107 erfolgt im Schritt 108 eine Filterung der zuvor bestimmten Ansteuersignale. Im an Schritt 108 anschließenden Schritt 109 ergibt sich schließlich das jeweilige Ansteuersignal für die verschiedenen elektrisch betätigbaren Komponenten, beispielsweise das Kühler-Misch-Ventil, die Kühlmittelpumpe, den Kühlerlüfter oder die Kühlerjalousie. Im Schritt 110, der sich an den Schritt 109 anschließt, werden schließlich die Komponenten entsprechend des bestimmten Ansteuersignals vom Motorsteuergerät direkt oder indirekt (über Endstufen) angesteuert.

[0035] Das Ansteuersignal nach Schritt 109 wird weiterhin einem Schritt 111 zugeführt, dem ebenfalls die in Schritt 101 bestimmten Ist- beziehungsweise Meßwerte zugeführt werden. Auf Grundlage der aus Schritt 101 zugeführten Ist- beziehungsweise Meßwerte und der aus Schritt 109 übermittelten Ansteuersignale wird in Schritt 111 mittels eines Beobachters die jeweilige Stellenergie der jeweiligen elektrisch betätigbaren Komponente bestimmt. Im Anschluß an den Schritt 111 wird in einem Schritt 112 auf Grundlage der zuvor bestimmten Stellenergie der jeweiligen elektrisch betätigbaren Komponente und weiterer Eingangsgrößen, wie beispielsweise dem Fahrzeugzustand, eine Priorisierung entsprechend der notwendigen Stellenergie der verschiedenen elektrischen Komponenten vorgenommen. Hierbei wird ein besonderer Augenmerk auf die Wasserpumpe und den Lüfter gerichtet, da diese elektrisch betätigbaren Komponenten diejenigen mit dem größten Energiebedarf darstellen. Der Ausgangswert der Priorisierung nach Schritt 112 fließt in den Schritt 105 ein, der bereits zuvor beschrieben wurde.

[0036] Fig. 2 zeigt ein praktisches Beispiel beziehungsweise eine praktische Ausgestaltung des in Fig. 1 eher allgemein beschriebenen Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs. Im oberen Bereich der Fig. 2 sind auf einer Linie die verschiedenen zur Fig. 1 korrespondierenden Bereiche des Verfahrens aufgezeichnet. Der erste Bereich der "Istwerte" entspricht dem Verfahrensschritt 101 nach Fig. 1. Der zweite Bereich "Vorsteuerung" entspricht dem Verfahrensschritt 106 nach Fig. 1. Der Bereich "Sollwerte" entspricht dem Verfahrensschritt 102 nach Fig. 1. Der Bereich "Regler" entspricht den Verfahrensschritten 103 und 104 nach Fig. 1. Der sich anschließende Bereich "Priorisierung" entspricht den Verfahrensschritten 112, 105 und 107 nach Fig. 1. Der Bereich "Filterung" entspricht dem Verfahrensschritt 108 und der letzte Bereich "Ansteuerung" entspricht den Verfahrensschritten 109 und 110 nach Fig. 1. Der Verfahrensschritt 111 nach Fig. 1 entspricht dem Verfahrensschritt 233 nach Fig. 2, auf den später ausführlicher eingegangen wird.

[0037] In Fig. 2 beginnt das erfindungsgemäße Verfahren mit der Ist- beziehungsweise Meßwernerfassung. Dabei werden, wie in Fig. 2 am linken Rand der Figur dargestellt, die Werte Motordrehzahl, Motorlast, Kühlkreislaufzustand, Motorausgangstemperatur  $T_{MA}$ , die Geschwindigkeit des Fahrzeugs  $V_{\text{Fahrzeug}}$  und der Fahrertyp erfaßt. Der Wert Fahrertyp, hier wird beispielsweise zwischen einem sportlichen und einem eher konservativem Fahrer unterschieden, kann in der Regel aus einer Getriebesteuerung übernommen werden, wo dieses Signal vorliegt.

[0038] Aus den Eingangsgrößen Motordrehzahl und Motorlast wird in einem Schritt 201 die Soll-Motortemperatur  $T_{\text{mot,soll}}$  bestimmt. Die Motor-Solltemperatur wird hierbei aus einem im Speicher des Steuergeräts des Kraftfahrzeugs abgelegten Kennfeld entnommen. Der in Schritt 201 ermit-

telte Soll-Wert für die Motortemperatur  $T_{\text{mot,soll}}$  wird zu einem Verknüpfungspunkt 202 geleitet, an dem die Soll-Ist-Abweichung bestimmt wird. Hierzu wird im Schritt 202 bzw. am Verknüpfungspunkt 202 von der zuvor bestimmten Motor-Solltemperatur  $T_{\text{mot,soll}}$  die aktuelle gemessene (oder anderweitig berechnete, beziehungsweise ermittelte) Motortemperatur  $T_{\text{mot}}$  subtrahiert. Das Ergebnis dieser Soll-Ist-Abweichungsbestimmung in Schritt 202 wird einem Regler 203 zugeführt. Bei dem Regler kann es sich beispielsweise um ein Proportionalintegral-Regler (PI), einen PID-Regler oder einen Fuzzy-Regler handeln. Dem Regler wird als weitere Eingangsgröße ein Signal zugeführt, das eine Aussage über den Kühlmittelvolumenstrom macht. Dieses Signal wird in einem Schritt 233 bestimmt, auf das im weiteren eingegangen wird. Nach der Bestimmung des Reglerwertes in Schritt 203 wird das Ergebnis der Priorisierung in Schritt 204 zugeführt. Hier wird der Reglerwert nach Schritt 203 mit einer Priorisierung verknüpft. Die Priorisierung der einzelnen elektrisch betätigbaren Komponenten wurde zuvor in Schritt 234 durchgeführt, auf den ebenfalls später eingegangen wird. Die Verknüpfung erfolgt beispielsweise multiplikativ, wodurch der zuvor bestimmte Reglerwert im Extremfall bis auf Null absinken kann. Parallel zu den Verfahrensschritten 201, 202, 203 und 204 wird in einem Schritt 205 aus den Eingangsgrößen Motorlast, Motordrehzahl und Kühlkreislaufzustand ein Vorsteuerwert für ein Kühler-Misch-Ventil  $X_{\text{Ventil}}$  (siehe Bezugszeichen 302 in Fig. 3) bestimmt. Das Ergebnis des Schrittes 205, der bestimmte Vorsteuerwert für das Kühler-Misch-Ventil  $X_{\text{Ventil}}$  wird einem Verknüpfungspunkt 206 zugeführt, dem ebenfalls der priorisierte Reglerwert nach Schritt 204 zugeführt wird. In Punkt 206 beziehungsweise Schritt 206 wird nun die Verknüpfung, beispielsweise durch Addition, des Vorsteuer- und des priorisierten Reglerwertes für das Kühler-Misch-Ventil vorgenommen. Das Ergebnis dieses Schrittes 206 wird einer Filterung im Schritt 207 zugeführt. Die Filterung kann hierbei beispielsweise dadurch erfolgen, dass die zeitliche Änderung des Ansteuerwertes für das Kühler-Misch-Ventil durch eine obere Schranke begrenzt ist. Hierdurch wird vermieden, dass auf ruckartige Laständerungen zu schnell reagiert wird. Als Ergebnis der Filterung nach Schritt 207 ergibt sich das Ansteuersignal für das Kühler-Misch-Ventil 208, beziehungsweise in Schritt 208 wird das Kühler-Misch-Ventil mit dem zuvor bestimmten Ansteuersignal angesteuert. Somit stellen die Schritte 201 bis 208 die Ermittlung des Ansteuersignals für das Kühler-Misch-Ventil dar.

[0039] Im weiteren wird in den Schritten 209 bis 219 die Ermittlung des Ansteuersignals für die elektrisch betätigbare Kühlmittelpumpe (Bezugszeichen 307 in Fig. 3) beschrieben. In einem Schritt 209 wird zunächst aus einem Kennfeld, das im Speicher des Steuergeräts abgelegt ist, aus den Eingangsgrößen Motorlast und Temperatur am Motoranfang  $T_{\text{MA}}$  ein Soll-Wert für die Motordifferenztemperatur  $\Delta T_{\text{mot,soll}}$  bestimmt. Dieser bestimmte Motordifferenz-Sollwert  $\Delta T_{\text{mot,soll}}$  wird einem Verknüpfungspunkt 210 zugeführt. An diesem Verknüpfungspunkt 210 wird die Soll-Ist-Abweichung der Motordifferenztemperatur  $\Delta T_{\text{mot,soll}}$  bestimmt, in dem von dem aus Schritt 209 zugeführten Motordifferenz-Temperatur-Sollwert  $\Delta T_{\text{mot,soll}}$  die reale, gemessene Motordifferenztemperatur (Temperatur am Motoranfang minus Temperatur am Motoreingang,  $T_{\text{MA}} - T_{\text{ME}}$ ) subtrahiert wird. Das Ergebnis aus Schritt 210 wird in Schritt 211 einem Regler zugeführt, der beispielsweise als PI-Regler ausgeführt sein kann. Der Reglerwert nach Schritt 211 wird einem Verknüpfungspunkt 212 zugeführt, wo der Reglerwert nach Schritt 211 mit einer Priorisierung verknüpft wird. Diese Priorisierung wird in einem

Schritt 213 bestimmt und basiert auf dem Reglerwert nach Schritt 203 und der Priorisierung nach Schritt 234. Die Verknüpfung in Schritt 212 erfolgt in der Regel multiplikativ. Das Ergebnis der Verknüpfung des Reglerwertes nach Schritt 211 mit der Priorisierung nach Schritt 213 wird einem weiteren Verknüpfungspunkt 214 zugeführt. Die weitere Eingangsgröße des Verknüpfungspunktes 214 ist der Vorsteuerwert der Steuergröße (z. B. Umdrehungszahl) der Kühlmittelpumpe  $U_{\text{Pumpe}}$ , der von einem Schritt 215 geliefert wird. In diesem Schritt 215 wird anhand der Eingangsgrößen Motorlast und Temperatur am Motoranfang  $T_{\text{MA}}$  aus einem im Speicher des Motorsteuergeräts abgelegten Kennfelds der Vorsteuerwert für die Kühlmittelpumpe  $U_{\text{Pumpe}}$  entnommen. Das Ergebnis der Verknüpfung im Verknüpfungspunkt 214 beziehungsweise im Schritt 214 wird einer Maximalwertauswahl 216 zugeführt. Hierbei wird der Maximalwertauswahl 216 neben dem Eingangssignal vom Verknüpfungspunkt 214 ein weiteres Eingangssignal zugeführt. Dieses weitere Eingangssignal zur Maximalwertauswahl 216 ist der im Schritt 217 aus den Eingangssignalen Motorlast und Temperatur am Motoranfang  $T_{\text{MA}}$  aus einem Kennfeld im Speicher des Motorsteuergeräts entnommene Mindestvolumenstrom, der einen gewissen Mindestvolumenstrom des Kühlmittels sicherstellt. Durch diese Maximalwertauswahl im Schritt 216 wird sichergestellt, dass ein gewisser Mindestvolumenstrom entsprechend der jeweiligen Betriebssituation gewährleistet wird. Das Ergebnis der Maximalwertauswahl nach Schritt 216 wird im Schritt 218 einem Filter zugeführt. Als Ergebnis des Filters in Schritt 218, der äquivalent zum Schritt 207 abläuft, steht im Schritt 219 das Ansteuersignal für die Kühlmittelpumpe zur Verfügung.

[0040] In den nun folgenden Schritten 220 bis 227 wird das Ansteuersignal für den Kühlerlüfter (Bezugszeichen 317 in Fig. 3) generiert. In einem Schritt 220 wird anhand der Eingangsgrößen Motorlast und Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{\text{Fahrzeug}}$  aus einem im Speicher des Motorsteuergeräts abgelegten Kennfeld ein Vorsteuerwert für die Ansteuerung des Lüfters  $U_{\text{Lüfter}}$  (beispielsweise Umdrehungszahl oder Ansteuerspannung) ermittelt. Dieser Vorsteuerwert für die Ansteuerung des Lüfters nach Schritt 220 wird einem Verknüpfungspunkt 221 zugeführt, dem zusätzlich ein priorisierter Reglerwert nach Schritt 222 zugeführt wird. Der Priorisierungseinheit 222 werden als Eingangsgrößen der Reglerausgang nach Schritt 203, das Ausgangssignal der Priorisierung nach Schritt 234 sowie der Ausgang einer Reglereinheit 227 zugeführt, auf die im weiteren noch eingegangen wird. Anhand dieser Eingangsgrößen wird im Schritt 222 ein priorisierter Reglerwert erzeugt, der gemeinsam mit dem Vorsteuerwert für die Ansteuerung des Lüfters nach Schritt 220 den Verknüpfungspunkt 221 zusammengeführt wird. Der Ausgang des Verknüpfungspunktes 221 wird einem Filter 223 zugeführt, der analog zu den Filtern nach Schritt 207 und 218 funktioniert. Das Ausgangssignal des Filters 223 ist das Ansteuersignal 224 für den Motorlüfter des Kühlsystems.

[0041] Dem Priorisierungsschritt 222 wurde, wie vorstehend beschrieben, auch das Ausgangssignal eines Reglers 227 zugeführt, das nun im folgenden erläutert wird:

Ausgehend von den Eingangsgrößen Motorlast, Kühlkreislaufzustand und Fahrertyp wird in einem Schritt 225 aus einem im Speicher des Motorsteuergeräts abgelegten Kennfeld ein Soll-Wert für die Temperaturdifferenz über dem Kühler  $\Delta T_{\text{Kühler,soll}}$  bestimmt (Temperaturdifferenz über dem Kühler  $\Delta T_{\text{Kühler,soll}} = \text{Motorausgangstemperatur } T_{\text{MA}} - \text{Temperatur am Kühlerausgang } T_{\text{KA}}$ ). Der nach Schritt 225 ermittelte Soll-Wert für die Kühlerdifferenztemperatur  $\Delta T_{\text{Kühler,soll}}$  wird einem Verknüpfungspunkt 226



zugeführt, an dem vom Kühlerdifferenztemperatur-Sollwert  $\Delta T_{\text{Kühler}}$  soll die sogenannte Kühlreserve subtrahiert wird. Unter der Kühlreserve ist allgemein die Differenz zwischen Motortemperatur  $T_{\text{mot}}$  und Temperatur am Kühlerausgang  $T_{\text{KA}}$  zu verstehen (im speziellen z. B.  $T_{\text{MA,soll}} - T_{\text{KA,soll}}$  oder  $T_{\text{ME,soll}} - T_{\text{KA,soll}}$ ). Das Ergebnis dieses Verknüpfungspunktes 226 wird im Schritt 227 dem bereits genannten Regler zugeführt. Als weitere Eingangsgröße wird dem Regler im Schritt 227 ein den Kühlmittelvolumenstrom repräsentierendes Signal vom Schritt 233 zugeführt. Der Regler nach Schritt 227 kann beispielsweise als PI-Regler ausgeführt sein.

[0042] Die Schritte 228 bis 232 repräsentieren die Ansteuersignalbestimmung für eine Kühlerjalousie (Bezugszeichen 316 in Fig. 3). Hierbei wird der Ausgang des Reglers nach Schritt 227 einer Priorisierung 228 zugeführt. Als weitere Eingangsgröße wird der Priorisierung in Schritt 228 das Ausgangssignal der Priorisierung 234 zugeführt, auf die später ausführliche eingegangen wird. Das Ausgangssignal der Priorisierung nach Schritt 228, also der priorisierte Reglerwert nach Schritt 227, wird einem Verknüpfungspunkt 230 zugeführt. Als weiteres Eingangssignal des Verknüpfungspunktes 230 wird in einem Schritt 229 aus den Eingangssignalen Motorlast und Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{\text{Fahrzeug}}$  ein Vorsteuerwert für die Ansteuerung der Kühlerjalousie  $X_{\text{Jalousie}}$  aus einem Kennfeld ermittelt. Die Verknüpfung nach Schritt 230 kann hierbei additiv erfolgen. Das Ausgangssignal der Verknüpfung nach Schritt 230 wird im Schritt 231 einem zu den Schritten 207, 218 und 223 analogen Filter im Schritt 231 zugeführt. Das Ausgangssignal des Filters nach Schritt 231 stellt schließlich das Ansteuersignal 232 für die Kühlerjalousie dar.

[0043] Im Folgenden werden die Schritte 233 und 234 erläutert, auf die vorstehend bereits Bezug genommen wurde. Der Schritt 233 stellt einen Beobachter dar, dem neben der Motorlast als Eingangssignal die Ansteuersignale für das Kühler-Misch-Ventil 208, für die Kühlmittelpumpe 219, für den Kühlerlüfter 224 und für die Jalousie 232 zugeführt werden. Anhand der zugeführten Daten bestimmt der Beobachter den aktuell vorherrschenden Kühlmittelvolumenstrom und stellt diesen als Ausgangssignal zur Verfügung. Dieses Ausgangssignal wird, wie bereits vorstehend beschrieben, den Reglern 203 und 227 zugeführt. Als weitere Ausgangsgröße des Beobachters nach Schritt 233 wird die für die jeweiligen Komponenten erforderliche Stellenergie ausgegeben und an die Priorisierung im Schritt 234 übergeben. Als weitere Eingangsgröße wird der Priorisierung im Schritt 234 der Fahrzeugzustand zugeführt. In Kenntnis des Fahrzeugzustandes und der jeweiligen Stellenergie wird im Schritt 234 ein für die jeweiligen elektrisch betätigbaren Komponenten ein individuelles Prioritätssignal erzeugt und an die jeweiligen Priorisierungen in Schritt 204, Schritt 213, Schritt 222 und 228 übermittelt.

[0044] Somit ist ein vollständiges Konzept aus Vorsteuerung, priorisierten Reglerwerten und Filtern zur optimalen Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten in einem Kühlsystem für ein Kraftfahrzeug beschrieben worden.

[0045] Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Vorrichtung. Hierbei ist als zentrale Einheit ein Block 300 gezeigt, die den Motorblock einer Brennkraftmaschine symbolisieren soll. Ein Kühlmedium, das zur Kühlung des Motorblocks 300 dient, fließt über eine Leitung 301 aus dem Motorblock 300 heraus. Dieses Kühlmedium in der Leitung 301 wird über ein Kühler-Misch-Ventil 302 in eine Leitung 303 geleitet. Das Kühlmedium fließt weiter, ausgehend von der Leitung 303, in einen Kühler 304. Nach dem Kühler 304 fließt das Kühlmedium durch eine Leitung

305 weiter in Richtung Kühlmittelpumpe 307. Die Kühlmittelpumpe 307 pumpt das Kühlmedium über eine Leitung 308 zurück in den Motorblock 300. Ein Teil des Kühlmediums aus Leitung 301 wird vom Kühler-Misch-Ventil 302 über eine Leitung 306, die sogenannte Bypass-Leitung, am Kühler 304 vorbei direkt in die Leitung 305 geleitet.

[0046] Ein Teil des Kühlmediums, das über die Leitung 308 in den Motorblock 300 hineinfließt, verläßt den Motorblock 300 nicht über die Leitung 301, sondern über eine Leitung 309, die zum Heizungswärmetauscher 310 führt, der für die Heizung des Fahrgastinnenraumes sorgt. Vom Heizungswärmetauscher 310 fließt das Kühlmedium über eine weitere Leitung 311 zurück in die Leitung 305 und mündet dort unmittelbar vor der Kühlmittelpumpe 307 ein.

[0047] Im Kühlsystem sind folgende Temperatursensoren angeordnet:

Ein Temperatursensor 312 erfaßt die Motortemperatur  $T_{\text{mot}}$ , ein Temperatursensor 313 erfaßt die Motorausgangstemperatur  $T_{\text{MA}}$ , ein Temperatursensor 314 erfaßt die Kühlerausgangstemperatur  $T_{\text{KA}}$  und ein Temperatursensor 315 erfaßt die Motoreingangstemperatur  $T_{\text{ME}}$ .  $T_{\text{mot}}$  könnte z. B. eine motorinterne Kühlmittel- oder Bauteiltemperatur oder auch die Motoraustrittstemperatur sein.

[0048] Weitere wichtige Komponenten des Kühlsystems sind eine elektrisch betätigbare Kühlerjalousie 316 sowie ein Kühlerlüfter 317. Die Kühlerjalousie 316 dient dazu, den Kühler 304 in bestimmten Betriebssituationen vor dem kühlenden Fahrtwind abzuschotten, wohingegen der Kühlerlüfter 317 zu einer verstärkten Kühlung des Kühlmediums im Kühler 304 führt.

[0049] Weiterhin dargestellt ist ein Steuergerät 318, das in der Regel das Motorsteuergerät der Brennkraftmaschine ist und neben der Steuerung des Kühlsystems weitere Aufgaben, wie beispielsweise die Steuerung der motorischen Verbrennung übernimmt. Dem Steuergerät 318 werden über die Signalleitungen 321, 323, 324 und 326 die Signale der Temperatursensoren 312, 313, 314 und 315 zugeführt. Gleichzeitig werden von dem Steuergerät 318 Ausgangssignale zur Ansteuerung der elektrisch betätigbaren Komponenten 302, 304, 316 und 317 ausgegeben. Dies sind im Einzelnen das Ansteuersignal zur Ansteuerung des Kühler-Misch-Ventils 302 über die Signalleitung 319, die Signalleitung 320 zur Ansteuerung der Kühlerjalousie 316, die Signalleitung 322 zur Ansteuerung des Kühlerlüfters 317 sowie die Signalleitung 325 zur Ansteuerung der Kühlmittelpumpe 307.

[0050] In dem Motorsteuergerät 318 ist ein in Fig. 3 nicht gezeigtes Speicherelement vorhanden, in dem die in Fig. 2 gezeigten Kennfelder abgelegt sind. Die weiteren in Fig. 2 gezeigten Funktionen wie Regler, Priorisierung, Beobachter, Maximalwertauswahl und Filter sind allesamt funktional in das Steuergerät 318 integriert. Hierbei ist es nicht erfindungswesentlich, ob die Funktionen in dem Steuergerät als Hardware, also über Schaltkreise, oder über eine Software integriert sind. Eine in das Steuergerät 318 integrierte Software, die zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten des Kühlsystems geeignet ist, erfüllt somit in gleicher Weise die Erfindung, wie ein fest verdrahtetes Schaltungsmodell.

[0051] Durch das erfindungsgemäße Verfahren beziehungsweise das erfindungsgemäße Kühlsystem wird zu jedem Zeitpunkt die gewünschte Solltemperatur des Kühlmediums bzw. einer motorinternen Temperatur eingeregelt, wobei diese Einregelung mit minimalem Stellenergieaufwand realisiert wird. In den im Steuergerät 318 abgelegten Kennfeldern sind Sollgrößen entsprechend der Kühlkreislaufzustände für den gesamtenergieoptimalen Zustand des Fahrzeugs vorgegeben. Die Vorsteuerkennfelder der Regler-

struktur sind so bedatet, dass sich für jeden Betriebspunkt eine Konfiguration der Stellorgane ergibt, die möglichst nahe am energetischen Optimum liegt und mit der die Sollgrößen möglichst erreicht werden. Eventuell notwendige Korrekturen werden durch Reglereingriffe vorgenommen. Die Priorisierung entscheidet, ob und gegebenenfalls in welchem Maße der Reglereingriff mit dem Signal der Vorsteuerung addiert als Steuersignal an das Stellglied ausgegeben wird oder ob stattdessen ein anderes Stellglied angesteuert wird oder ob die momentane Regelabweichung nicht verkleinert werden soll. Die Priorisierung kann also auch entscheiden, ob eine Realisierung des gewünschten Kühlkreislaufzustandes vom momentanen Kühlkreislaufzustand aus energetisch sinnvoll ist. Abweichungen von den Sollvorgaben sind jedoch nur zu unkritischeren Betriebsbedingungen hin zulässig.

[0052] In der Priorisierung werden gewisse Regeln und Informationen berücksichtigt, wie z. B.:

- Der Kühlerlüfter darf erst angesteuert werden, wenn das Kühler-Misch-Ventil mehr als 80% zum Kühler geöffnet ist.
- Die Kühlerjalousie darf nicht über eine Öffnung von beispielsweise x% geöffnet werden, solange das Kühler-Misch-Ventil unter beispielsweise y% zum Kühler geöffnet ist.
- Der Energieaufwand für eine Erhöhung der Kühlleistung durch entsprechende Veränderung der Stellung der elektrisch betätigbaren Komponenten in Abhängigkeit vom Kühlkreislaufzustand und Betriebszustand des Kraftfahrzeugs.
- Evtl. darf zur Verbesserung des Fahrkomforts der Kühlerlüfter wegen seiner hohen Geräuscentwicklung nur in bestimmten Motordrehzahlbereichen eingeschaltet werden.
- Die Priorisierung der Stellsignale der Komponenten Kühlerlüfter und Kühlmittelpumpe werden, relativ zu den anderen elektrisch betätigbaren Komponenten, höhere Prioritäten eingeräumt, da diese einen besonders hohen Stellenergiebedarf aufweisen. Mit anderen Worten: Es werden zuerst das Kühler-Misch-Ventil und die Kühlerjalousie geöffnet.
- Es wird der Einfluß der Kühlerjalousie auf den c-Wert des Kraftfahrzeugs und der damit verbundene Einfluß auf die maximale Fahrgeschwindigkeit des Kraftfahrzeugs bzw. den Verbrauch berücksichtigt.

[0053] Durch die Priorisierung wird die Ansteuerung des Kühlsystems an das energetische Optimum angenähert. Das Kühlsystem wird dabei – soweit möglich – mit einem Mindestkühlmittelvolumenstrom, ausgeschaltetem Kühlerlüfter und möglichst weit geschlossener Kühlerjalousie betrieben. Die abzuführende Kühlleistung wird dabei vorzugsweise durch das Kühlerventil bzw. das Kühler-Misch-Ventil geregelt. Erst wenn die erforderliche Kühlleistung mit diesen Vorgaben nicht mehr realisierbar ist, wird eine stellenergieoptimale Kombination aus Stellung der Kühlerjalousie, Kühlmittelpumpe und Kühlerlüfter angesteuert.

[0054] Durch die Erfindung wird sichergestellt, dass die Bauteilbelastung und die Ausbildung von sogenannten Hot-Spots nicht über das zulässige Maß hinausgehen.

#### Patentansprüche

1. erfahren zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Komponenten von einem Steuerger-

rät (318) in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs derart angesteuert werden, dass sich ein optimaler Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs und/oder des Kühlsystems ergibt.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass Sollwerte zur Ansteuerung der Komponenten in Kennfeldern in einem Speicher des Steuergerätes (318) abgelegt sind.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Kennfelddaten wenigstens in Abhängigkeit einer der folgenden Einflußgrößen gespeichert sind:

Fahrzeuggeschwindigkeit

Umgebungstemperatur

Temperatur des Kühlmittels an verschiedenen Punkten im Kühlkreislauf

Motortemperatur

Motorlast

Fahrertyp

Ventilstellungen insbesondere des Kühler-Misch-Ventils

erwarteter, zukünftiger Streckenverlauf aus Navigationssystem.

4. Verfahren nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Sollwerte zu einer Vorsteuerung (205, 215, 217, 220, 229) der Komponenten herangezogen werden.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Vorsteuerung (205, 215, 217, 220, 229) für jeden Betriebspunkt eine Konfiguration zur Ansteuerung (208, 219, 224, 232) der Komponenten ergibt, die auf eine minimale Stellenergie der Komponenten hin optimiert ist.

6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass ein optimaler Wirkungsgrad des Kühlsystems dadurch erreicht wird, dass die Einstellung eines Sollbetriebszustands des Kühlsystems auf minimale Stellenergie der Komponenten optimiert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 1 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass den Komponenten je nach Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs verschiedene Prioritäten (234, 204, 213, 222, 228) zugeordnet sind.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Festlegung der Prioritäten (234) in Abhängigkeit von der notwendigen Stellenergie (233) der jeweiligen Komponente in dem jeweiligen Betriebspunkt erfolgt.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerung der Komponenten unter vorgebbaren Randbedingungen erfolgt, wodurch die Ansteuerung der Komponenten auf betriebspunktabhängige Minimal- und Maximalwerte begrenzt wird.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass sich ein Ansteuerwert für eine Komponente aus einer Summe eines Vorsteuerwertes und eines mit einer Priorität verknüpften Reglerwertes (203, 211, 227) ergibt.

11. Verfahren nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Ansteuerwerte zeitlich gefiltert (207, 218, 223, 231) werden, damit auf ruckartige Laständerungen nur bedingt reagiert wird.

12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Sollgröße für das Kühlsystem bzw. den Motor eine Solltemperatur (201) vorgegeben wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, dass die betragsmäßige, zeitliche Änderung



der Solltemperatur beschränkt ist.

14. Computerprogramm für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, mit einer Abfolge von Befehlen, die dazu geeignet sind, das Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13 durchzuführen, wenn sie auf einem Computer, insbesondere einem Steuergerät für eine Brennkraftmaschine, ausgeführt werden. 5

15. Computerprogramm nach Anspruch 14, wobei die Abfolge von Befehlen auf einem computerlesbaren Datenträger gespeichert ist. 10

16. Steuergerät zur Ansteuerung von elektrisch betätigbaren Komponenten eines Kühlsystems für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponenten von dem Steuergerät (318) in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs derart ansteuerbar sind, dass sich ein optimaler Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs und/oder des Kühlsystems ergibt. 15

17. Kühlsystem für eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs mit ansteuerbaren, elektrisch betätigbaren Komponenten, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponenten von einem Steuergerät (318) in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs derart ansteuerbar sind, dass sich ein optimaler Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs und/oder des Kühlsystems ergibt. 20 25

18. Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs, bei der elektrisch betätigbare Komponenten eines Kühlsystems für die Brennkraftmaschine ansteuerbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Komponenten von einem Steuergerät (318) in Abhängigkeit vom aktuellen Betriebspunkt des Kraftfahrzeugs derart ansteuerbar sind, dass sich ein optimaler Gesamtwirkungsgrad des Kraftfahrzeugs und/oder des Kühlsystems ergibt. 30 35

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

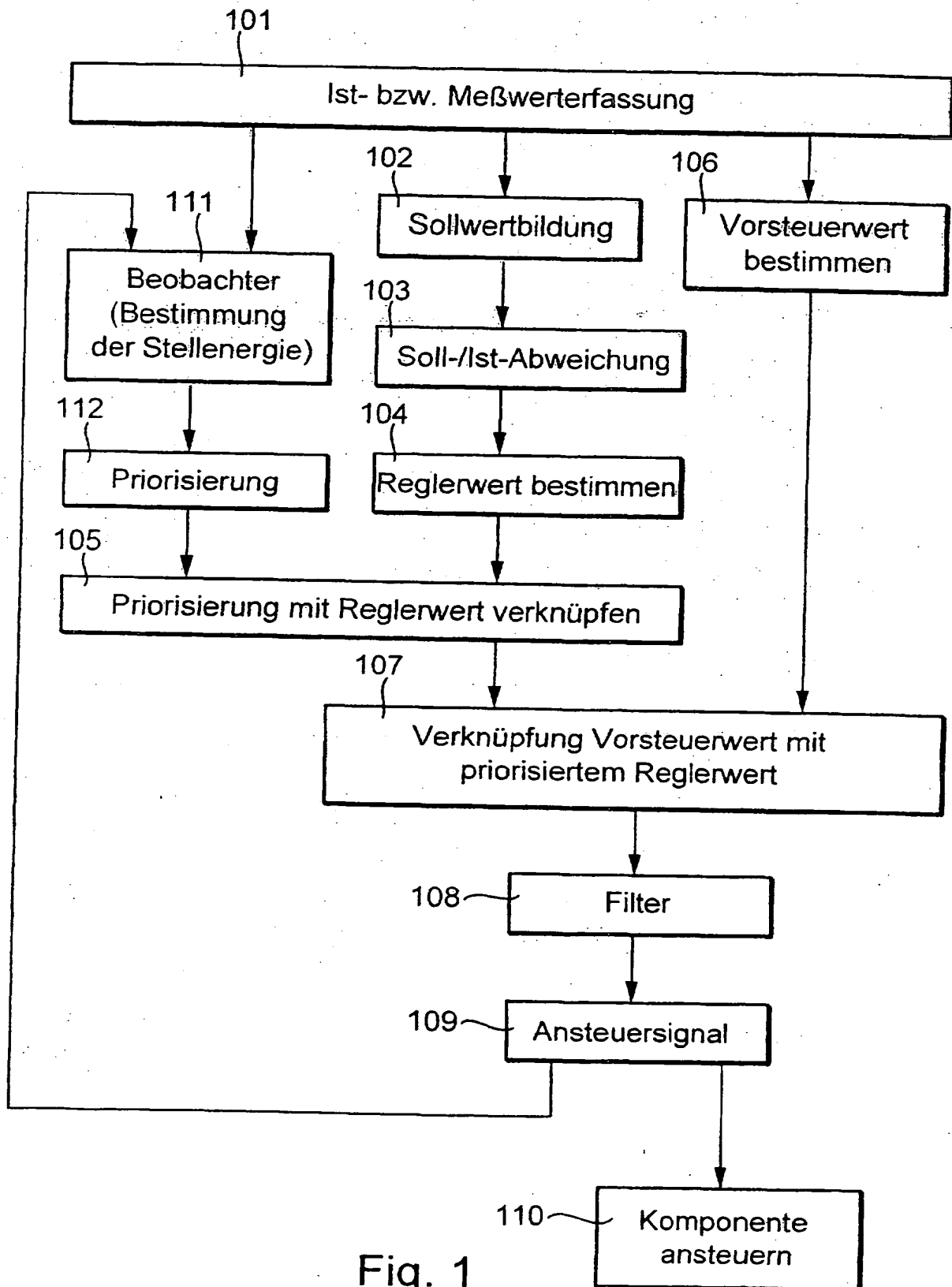


Fig. 1

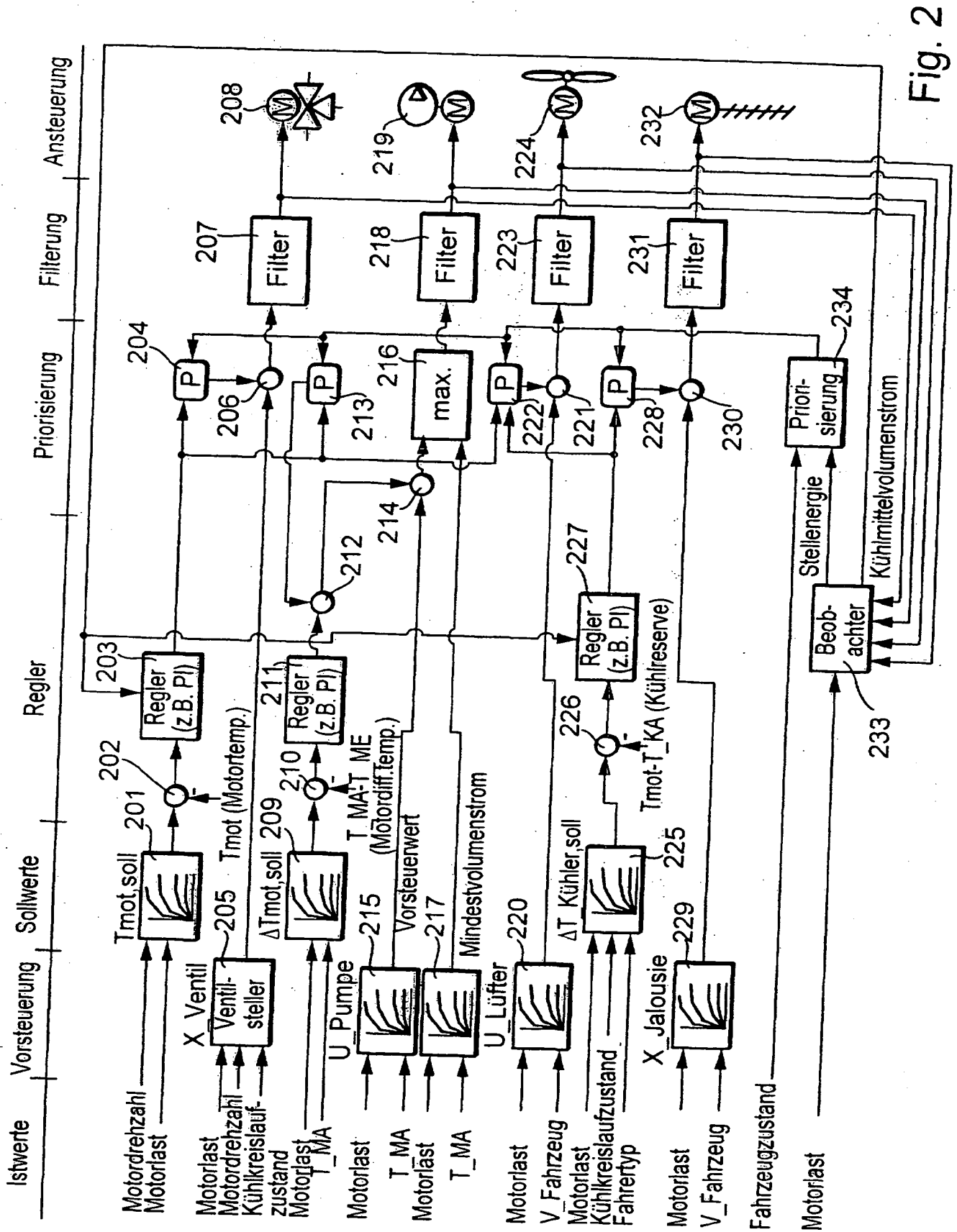


Fig. 2

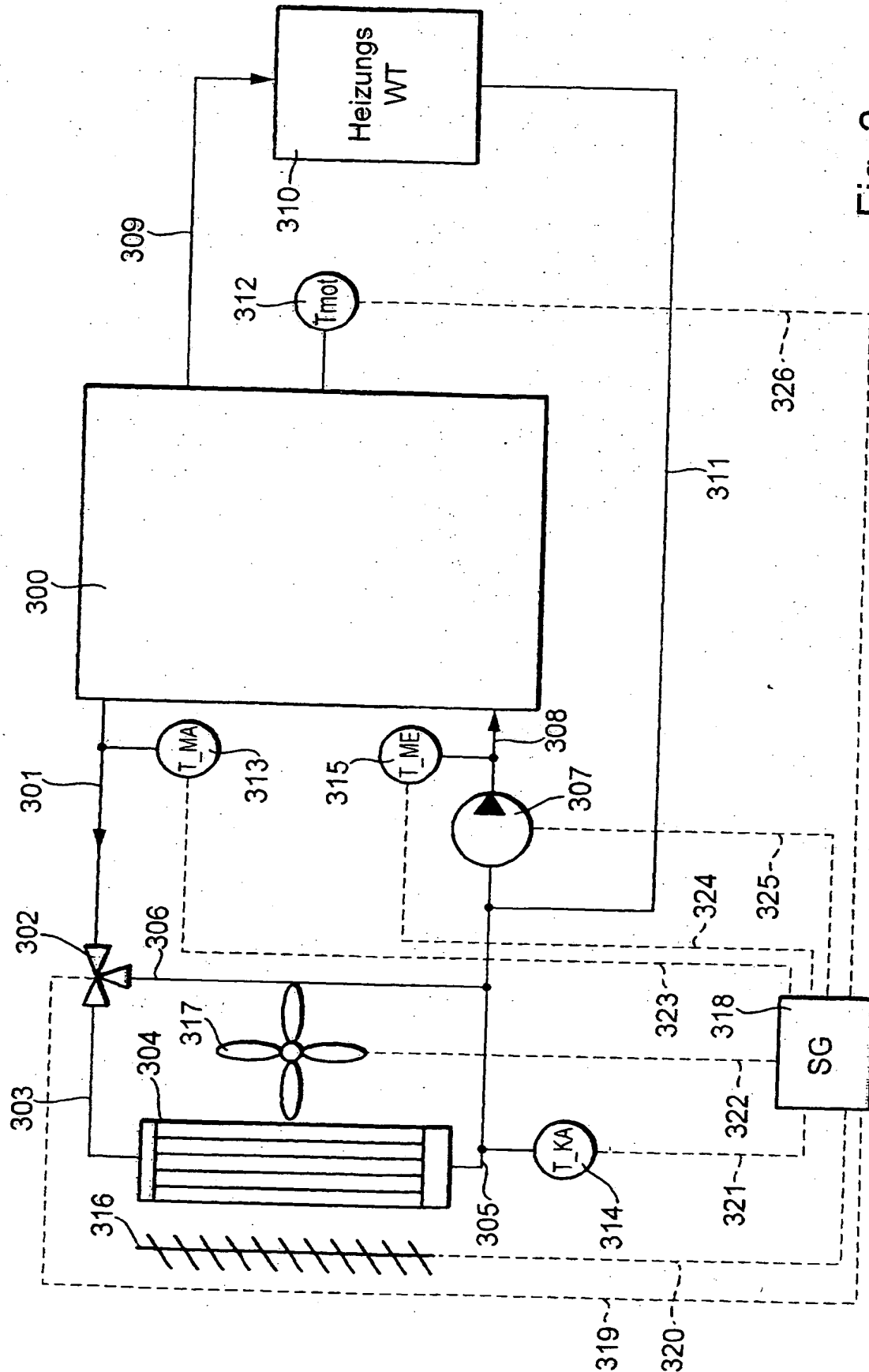


Fig. 3